

(11)Publication number : 09-251941  
(43)Date of publication of application : 22.09.1997

H01L 21/027  
G03F 7/20  
G03F 7/20  
G21K 5/04  
H01J 37/305

(71)Applicant : FUJITSU LTD  
(72)Inventor : KAWAKAMI KENICHI  
YASUDA HIROSHI  
YAMADA AKIO  
OKAWA TATSURO  
NAKANO MITSUHIRO

[illegible]

[Date of request for examination]	19.08.2002
[Date of sending the examiner's decision of rejection]	
[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]	
[Date of final disposal for application]	
[Patent number]	
[Date of registration]	
[Number of appeal against examiner's decision of rejection]	
[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]	
[Date of extinction of right]	

(11)特許出願公開番号

(43)公開日 平成9年(1997)9月22日

審査請求 未請求 請求項の数10 O.L (全 15 頁)

[最終頁に続く](#)

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】露光データに基づいて露光パターンの形状にした荷電粒子ビームを試料上の所望の位置に偏向して照射する荷電粒子ビーム露光方法において、該試料に照射された荷電粒子ビーム量に基づいて、該荷電粒子ビームの照射に伴う該試料の膨張率を求める工程と、該膨張率に基づいて、前記の照射位置のずれを補正量として求める工程と、前記補正量を加えた偏向量で荷電粒子ビームを偏向して該試料に照射する工程とを有することを特徴とする荷電粒子ビーム露光方法。

【請求項2】請求項1記載の荷電粒子ビーム露光方法において、前記照射された荷電粒子ビーム量を、荷電粒子発生部からのビーム密度と、前記露光パターンの密度から演算して求める工程を更に有することを特徴とする。

【請求項3】請求項1記載の荷電粒子ビーム露光方法において、前記照射された荷電粒子ビーム量を、該荷電粒子ビームの照射に伴って前記試料を保持したホルダーから流出する電流量に基づいて求める工程を更に有することを特徴とする。

【請求項4】請求項1記載の荷電粒子ビーム露光方法において、前記照射された荷電粒子ビーム量を、該荷電粒子ビームの照射に伴って前記試料から反射する電子量に基づいて求める工程を更に有することを特徴とする。

【請求項5】請求項1記載の荷電粒子ビーム露光方法において、前記の膨張率を求める工程では、該試料の熱容量、該試料を保持するホルダーの熱容量及び該試料とホルダーとの間の熱伝導率、及び前記照射された荷電粒子ビーム量に基づく熱エネルギーから該膨張率が求められることを特徴とする。

【請求項6】露光データに基づいて露光パターンの形状にした荷電粒子ビームを試料上の所望の位置に偏向して照射する荷電粒子ビーム露光方法において、該試料に照射された荷電粒子ビーム量に基づいて、該荷電粒子ビームの照射に伴う該試料の膨張率を求める工程と、熱膨張に基づく該試料の移動量と回転量を求める工程と、該膨張率、移動量、回転量に基づいて、前記の照射位置のずれを補正量として求める工程と、前記補正量を加えた偏向量で荷電粒子ビームを偏向して該試料に照射する工程とを有することを特徴とする荷電粒子ビーム露光方法。

【請求項7】請求項6記載の荷電粒子ビーム露光方法において、

前記熱膨張に基づく試料の移動量と回転量を求める工程は、あらかじめ膨張率に対応して発生する試料の移動量及び回転量を測定し、前記試料の移動量と回転量を、該膨張率に対応する該測定済の移動量及び回転量に従って求めることを特徴とする。

【請求項8】請求項6記載の荷電粒子ビーム露光方法において、前記熱膨張に基づく試料の移動量と回転量を求める工程は、該試料に形成したマークの位置を検出して、該試料の前記移動量と回転量を求めることを特徴とする。

【請求項9】露光データに基づいて露光パターンの形状にした荷電粒子ビームを試料上の所望の位置に照射する荷電粒子ビーム露光装置において、該試料に照射された荷電粒子ビーム量に基づいて、該荷電粒子ビームの照射に伴う該試料の膨張率を求める手段と、該膨張率に基づいて、前記の照射位置のずれを補正量として求める手段と、前記補正量を加えた偏向量で前記所望の位置に荷電粒子ビームを偏向する偏向手段とを有することを特徴とする荷電粒子ビーム露光装置。

【請求項10】露光データに基づいて露光パターンの形状にした荷電粒子ビームを試料上の所望の位置に照射する荷電粒子ビーム露光装置において、該試料に照射された荷電粒子ビーム量に基づいて、該荷電粒子ビームの照射に伴う該試料の膨張率を求める手段と、熱膨張に基づく試料の移動量と回転量を求める手段と、該膨張率、移動量、回転量に基づいて、前記の照射位置のずれを補正量として求める手段と、前記補正量を加えた偏向量で前記所望の位置に荷電粒子ビームを偏向する偏向手段とを有することを特徴とする荷電粒子ビーム露光装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、電子ビーム等の荷電粒子ビームを利用して露光を行なう荷電粒子ビーム露光方法にかかり、短時間でウエハ表面を露光する場合に発生するウエハの熱膨張に伴う露光位置の補正を行うことができる荷電粒子ビーム露光方法及びその装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】荷電粒子ビーム露光方法の一つである電子ビーム露光方法（以下簡単の為に電子ビーム露光方法を例にして説明する。）は、高解像度とパターン生成能力を兼ね備えたリソグラフィツールであり、レチクルの露光や半導体ウエハへの直接露光等に用いられている。しかしながら、一般に電子ビーム露光方法は、描画するパターンについての電子データに基づいて所望の描画パターン演算し、そのパターンの電子ビームをレチクルや

ウエハ等に次々に照射しながら露光を行う。しかも、一回の照射で露光できる領域は比較的狭く、1つのチップ領域を露光する為には、チップを複数に分割したフィールド内に所定パターンで照射するステップを複数回繰り返す必要がある。従って、露光に長時間を要し、光を利用したステッパ露光方法に比べてスループットが悪いという欠点を持つ。

【0003】従って、現在では、電子ビーム露光方法は、レチクルの露光工程で利用されたり、新デバイスの試作の露光工程で利用されるのが主である。そして、そのようにして作成されたレチクルマスクを利用して、光を利用したステッパ露光方法により大量のウエハに対して露光を行い、半導体装置の大量生産を可能にしているのが現状である。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、半導体装置、例えば大容量のDRAM（ダイナミック・ランダム・アクセスメモリ）等は、将来においてより高密度、微細化が要求され、従来のステッパ露光方法では解像度の点で対応できなくなることが予想される。

【0005】そこで、256MビットのDRAMを製造する為には、微細化の観点から電子ビーム露光方法によりウエハを直接露光する技術が必要不可欠になってきている。その為、前述した従来のスループットの悪さを克服する必要があり、またスループットを上げるに伴い露光精度の改善も更に克服すべき課題である。

【0006】電子ビームをウエハに直接露光する技術を半導体量産技術として考えると、例えば、8インチのウエハ1枚を5分程度で描画することが必要条件となる。このような短時間での露光を実現する為には、従来から提案されているブロック露光方法やブランキング・アパーチャー・アレイ方法などが利用されと考えられる。この方法は、可変矩形ビームを数ショット分組み合わせた汎用パターンを1ショットで露光するものであり、数倍のスループットの改善が見込まれる。しかしながら、その一方で、単位時間あたりにウエハに照射される電子ビームの量も数倍になる。

【0007】ところで、電子ビーム電流は、電子間のクーロン相互作用によって像がぼけることが制限となり、例えば0.2 $\mu$ mを解像するためには2-4 $\mu$ Aが限界と言われている。それ以上のビーム電流にするとビーム中の電子間の反発により照射像がぼけてしまう。従って、例えば0.2 $\mu$ m程度のビーム電流が解像度の観点から限界と言える。そこで、加速電圧を50kVとすると、0.1-0.2Wのエネルギーがウエハに照射されることになり、5分間（300秒）では30-60J（ジュール）の熱エネルギーをウエハに供給することになる。ウエハから装置のホルダーにこの熱エネルギーの50%が伝導して消滅するとしても、8インチのウエハの熱容量が約16J/Kとすると、ウエハには1-2℃

の温度上昇が起こることになる。Siウエハの場合、線膨張係数が2.6ppm/Kとすると、膨張率が3-5ppm（point per meter, 1m当たりに膨張する $\mu$ m）の熱膨張が発生する。

【0008】今仮に、8インチ（約15cm）のウエハを考えると、3-5ppmの膨張率では実際に発生する熱膨張によるずれは、0.45-0.75 $\mu$ m程度となる。中心からのずれ量としても、その半分の約0.3 $\mu$ m程度となるので、0.2 $\mu$ m程度の線幅を要求される256MDRAMの製造では、無視出来ない問題である。

【0009】そこで、従来から行なわれている位置合わせ用のマークを検出してどの程度膨張しているかを認識し、その分補正を加えることも考えられるが、わずか1ウエハに対して5分程度の露光を行なうのに、その間で複数回のマーク検出工程を挿入することはスループットの向上に反するものであり、現実的な解とはいえない。

【0010】そこで、本発明の目的は、高集積度を有する半導体集積回路を量産するに際しての露光工程として、荷電粒子ビームをウエハに直接照射して露光パターンを描画することができる荷電粒子ビーム露光方法及びその装置を提供することにある。

【0011】また、本発明の目的は、量産工程で使用できる程度にスループットを向上させた荷電粒子ビーム露光方法及びその装置を提供することにある。

【0012】また、本発明の目的は、量産工程で使用できる程度にスループットを向上させても荷電粒子ビームの照射による熱膨張の影響を補正することができる荷電粒子ビーム露光方法及びその装置を提供することにある。

【0013】

【課題を解決するための手段】上記の目的は、本発明によれば、露光データに基づいて露光パターンの形状にした荷電粒子ビームを試料上の所望の位置に偏向して照射する荷電粒子ビーム露光方法において、該試料に照射された荷電粒子ビーム量に基づいて、該荷電粒子ビームの照射に伴う該試料の膨張率を求める工程と、該膨張率に基づいて、前記の照射位置のずれを補正量として求める工程と、前記補正量を加えた偏向量で荷電粒子ビームを偏向して該試料に照射する工程とを有することを特徴とする荷電粒子ビーム露光方法を提供することにより達成される。

【0014】露光工程のスループットを上げる為に、照射ビーム量を最大限に大きくするとそれに伴いウエハ等の試料の温度が上昇して熱膨張が発生する。かかる熱膨張は、照射されるビーム量に基づいて再現性を持って発生する。従って、照射ビーム量を監視することで、発生する膨張率を検出することができる。そして、照射位置毎の熱膨張分のズレ量を補正量として加えて、ビームの偏向を行なうことで、正確な露光工程を実現することが

できる。

【0015】照射された荷電粒子ビーム量は、荷電粒子発生部からのビーム密度と、前記露光パターンの密度から演算して求めることができる。また、荷電粒子ビームの照射に伴って試料を保持したホルダーから流出する電流量に基づいて求めることもできる。更に、荷電粒子ビームの照射に伴って試料から反射する電子量に基づいて求めることもできる。

【0016】前記の膨張率を求める工程では、該試料の熱容量、該試料を保持するホルダーの熱容量及び該試料とホルダーとの間の熱伝導率、及び前記照射された荷電粒子ビーム量に基づく熱エネルギーから該膨張率が求められる。

【0017】また、上記の目的は、別の発明によれば、露光データに基づいて露光パターンの形状にした荷電粒子ビームを試料上の所望の位置に偏向して照射する荷電粒子ビーム露光方法において、該試料に照射された荷電粒子ビーム量に基づいて、該荷電粒子ビームの照射に伴う該試料の膨張率を求める工程と、熱膨張に基づく該試料の移動量と回転量を求める工程と、該膨張率、移動量、回転量に基づいて、前記の照射位置のずれを補正量として求める工程と、前記補正量を加えた偏向量で荷電粒子ビームを偏向して該試料に照射する工程とを有することを特徴とする荷電粒子ビーム露光方法を提供することにより達成される。

【0018】熱膨張に伴い、ウエハの中心位置等も移動し回転する。かかる位置の移動量と回転量を求めることで正確な位置にビームを照射することができる。

【0019】熱膨張に基づく試料の移動量と回転量を求める工程では、あらかじめ膨張率に対応して発生する試料の移動量及び回転量を測定し、前記試料の移動量と回転量を、該膨張率に対応する該測定済の移動量及び回転量に従って求める。

【0020】或いは、前記熱膨張に基づく試料の移動量と回転量を求める工程は、該試料に形成したマークの位置を検出して、該試料の前記移動量と回転量を求める。

【0021】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態について図面を参照しながら説明する。しかしながら、本発明の技術的範囲はかかる実施の形態に限定されない。また、以下電子ビーム露光方法を例にして説明するが、本発明は電子ビームに限定されず荷電粒子ビームであればいずれでも適用することができる。

【0022】〔本発明の基本的な原理〕図1は、本発明者らが実際に電子ビーム露光装置を用いてシリコンウエハに対して6分間の電子ビーム照射と6分間のビームオフを交互に行なった場合のウエハ膨張率を測定した結果である。加速電圧は50kVで、電流量は3 $\mu$ Aの電子ビームをシリコンウエハの中央部に照射した。この実験結果から明らかな通り、6分間の照射中にシリコンウエ

ハは約4ppm 前後膨張し、6分間の照射オフの間に同程度収縮することが、図1より明らかである。上述した通り、8インチウエハでは、ウエハ中心から考えても約0.3 $\mu$ mの膨張になり、好ましくない。0.2 $\mu$ m程度の線幅を実現する為には、せいぜいその10-20分の1程度のずれにする必要があり、図1の例では、例えば0.2ppm 程度に熱膨張を抑える必要がある。

【0023】本発明での電子ビーム露光は、大電流を用いて5分程度で1枚のウエハを描画しなければならないため、その間では電子ビーム照射による熱的影響が支配的になる。そこで、照射した電子ビームの電流量を主に考慮すれば、試料であるウエハの膨張を精度良く予測することができる。そこで、その予測した膨張に従ってビームの照射位置を補正することで、高精度の重ね合わせ露光を行なうことが可能になる。

【0024】図2は、50kV、3 $\mu$ Aの電子ビームを6分間にわたってシリコンウエハの中心部分に照射した時に生じたウエハ各部の位置ずれを示すグラフである。横軸は各マークのXまたはY座標で、縦軸はそれぞれの位置ずれ量を示す。

【0025】図3は、上記図2の実験に使用したシリコンウエハ10上のマークを示す図である。X方向に9個、Y方向に9個のマークが十文字状に配置して設けられている。

【0026】図2に戻って、黒点で示されたほうが図3の横方向(X方向)に配置された9つのマークの位置ずれを測定したものである。従って、横軸はウエハ上でのマークのX座標、縦軸はX方向の位置ずれ量である。また、白点で示されたのが、図3の縦方向(Y方向)に配置された9つのマークの位置ずれを測定したものであり、横軸はウエハ上でのマークのY座標、縦軸はY方向の位置ずれ量である。

【0027】図2に示される通り、各マークの位置ずれの量は、ウエハ上の位置座標の一次関数で表されている。従って、ウエハの中央部分にのみしか電子ビームを照射していないのにもかかわらず、シリコンウエハはほぼ均一にかつ等方的に膨張していることが理解される。即ち、シリコン基板は十分に熱伝導率が高く、0.2W程度の発熱量では温度分布は殆ど生じないことが理解される。

【0028】従って、ウエハに照射される電子ビームのエネルギーとウエハとウエハホルダとの間の熱伝導率及びウエハとホルダの熱容量を考慮することで、電子ビーム照射による温度変化の時間的な応答特性を計算することができ、ウエハ自体の温度変化を再現性良く予測することができる。ウエハの温度変化が予測できれば、それに従ってウエハ上の位置に応じて熱膨張による位置ずれ補正量を知ることができる。本発明では、かかる原理を利用している。

【0029】図4は、ウエハの熱容量(Cw)を16J

／K、ホルダーの実効的な熱容量（Ch）を500 J／K、ウエハ・ホルダー間の熱伝導（Kwh）を0.09 W／K、電子ビームによりウエハに供給される熱エネルギー（Peb）を0.15 W（J／sec）として6分間のビーム照射と6分間の照射オフを繰り返した時のウエハの膨張率を計算したシュミレーション結果である。

【0030】このシュミレーションに使用する具体的な演算式は、次の通りである。

【0031】

$$\Delta E_w = \{P_{eb} - (t_w - t_h) \times K_{wh}\} \times \Delta T$$

$$\Delta t_w = \Delta E_w / C_w$$

$$\Delta E_h = (t_w - t_h) \times K_{wh} \times \Delta T$$

$$\Delta t_h = \Delta E_h / C_h$$

但し、

T : 経過時間

t<sub>w</sub> : ウエハの温度

t<sub>h</sub> : ホルダーの温度

E<sub>w</sub> : ウエハの持つ熱エネルギー

E<sub>h</sub> : ホルダーの持つ熱エネルギー

ΔT秒後のウエハとホルダーの温度及び熱エネルギーの変化は上記の演算式により再現性良く求めることができる。そして、ウエハに供給される熱エネルギーPebを、例えばビーム密度とそのパターンの面積或いは平均パターン密度の積により求めることができる。通常、電子ビーム装置の電子銃のビーム密度は設定値により設定され、また、パターン密度は露光データから予め知ることができる。従って、1つのウエハ内でのビーム密度とパターン密度が所定の値に決まれば、単位時間あたりにウエハに供給される熱エネルギーは、ビーム密度とパターン密度の積に所定の係数を乗じた値として求められる。

【0032】上記の演算式に従って単位時間毎のウエハの温度の変化を求めることができる。ウエハの温度t<sub>w</sub>が求められれば、それに膨張係数（例えばシリコンウエハの場合は、2.6（ppm/K））を乗じることで、膨張率を求めることができる。

【0033】図3中の黒点で示されたのが、上記のシュミレーションによる結果であり、白点で示されたのが、実際の実験結果である。従って、シュミレーションは実験結果と極めて近似していることが明らかである。

【0034】上記のシュミレーションモデルを基準にして、ウエハに供給される熱エネルギーを、例えばビーム電流密度と露光のパターン密度から求めて演算すれば、露光中のウエハの熱膨張の様子を高精度に予測することができる。また、ビーム電流量だけではなく、実際に照射されるビーム量に対応する物理的な値、例えばウエハホルダーに流れる電流量や、ウエハから反射される二次電子の量等から熱エネルギーを求めてもよい。

【0035】試料であるウエハの膨張に伴い、ウエハの中心位置が移動したりウエハが回転したりすることがあ

る。そのような場合は、上記の膨張率に加えてその中心位置の移動量や回転角度を認識する必要がある。本発明で議論している微小な熱膨張では、ウエハの形状とそのホルダーの固定機構が同一であるなら、その中心位置の移動量や回転角度は再現性良く生じる。

【0036】図5は、ウエハ10とホルダーの固定機構の関係の例を示す図である。ウエハ10には一般にオリエンテーションフラット12が設けられており、そのフラット12を基準にして、ホルダーの支持突起14に対して押しつけ部16が圧力Fでウエハ10を矢印方向に押しつけるようにして支持している。このような場合には、ウエハ10は熱膨張により膨張すると破線の如く変形する。従って、ウエハの中心点O2は、例えばO3の如く移動する。またウエハの回転は、必ずしもその原因は明確ではないが、経験的に何らかの原因により回転することが分かっている。

【0037】従って、例えば電子ビーム装置の座標系の中心を図5中のO1とすると、その中心O1とホルダーに装着された状態のウエハ10の中心点O2の関係から、既に焼き付けられたか元のパターンの座標系が電子ビーム装置の座標系とどういう関係にあるかを知ることができる。尚、ウエハ10の中心点O2の位置と回転角度θ<sub>w1</sub>は、ウエハ10上に焼き付けられた位置合わせマークを検出することで見いだすことができる。

【0038】そして、熱膨張の結果ウエハ10の中心O2がO3に移動し、ウエハ10がθ<sub>w2</sub>に回転したことが分かれば、後は、図4で説明した膨張率とウエハ10上の露光位置（x<sub>a</sub>, y<sub>a</sub>）とを知ること、熱膨張後の正しい露光位置（x<sub>b</sub>, y<sub>b</sub>）を知ることができる。

【0039】また、ウエハ10の中心位置の移動量や回転量が再現性良く発生しないような電子ビーム露光装置の場合には、露光処理中に1点乃至2点のマーク検出を行なうことでかかる量を測定することでも良い。

【0040】以上のようにして、熱膨張に伴うウエハ10上での各位置での位置ずれを、ウエハに供給される熱エネルギーから演算して、補正量として露光装置に与えることで、高精度の重ね合わせ露光を実現することができる。

【0041】〔第一の実施の態様例〕図6は、本実施の態様に使用する電子ビーム露光装置の本体に対応する鏡筒部分の概略構成図である。本発明は電子ビームに限らず何らかのエネルギーを有する荷電粒子ビームを用いてウエハ等の試料を照射する場合に適用できる。従って図6では、電子ビームの発生源として荷電粒子発生源20、照射されるビームとして荷電粒子ビーム21としている。22は第一のスリット、23は第二のスリットであり、その間にスリット偏向器24が設けられている。従って、電子ビーム21が第一のスリットにより例えば矩形のビームにされ、その矩形ビームをスリット偏向器24によって適宜偏向することで、第二のスリット23

と組み合わせた照射パターンが形成される。そのようにして形成されたパターンのビーム21が偏向手段27により偏向され、ウエハである被照射試料10上の所望の位置に照射される。尚、第二スリット23には、例えば、矩形パターン以外に特定パターンのアレイ等が形成されている。

【0042】29はウエハ10を保持するホルダであり、また同時に水平方向に移動可能なステージでもある。25は、第一スリット22によって歪んだ像を補正するコイルで、26はビーム21の回転を補正するコイル、28は電子ビームがウエハに照射された結果反射される反射電子を検出する手段である。また、30は各偏向器やコイルを駆動するための制御回路部である。

【0043】図7は、本第一の実施の形態の電子ビーム露光装置の概略ブロック図である。100が露光装置の本体部であり、図6にて既に説明した鏡筒部分を有している。30は鏡筒内のビームの偏向器等を駆動する制御回路部で、32は例えばマグネティック・テープ等の記録媒体内に収納されたパターンデータを元にして演算し、露光パターンに従って求められた各種の制御信号を制御回路部30に与える制御用計算機である。36はシミュレータで照射エネルギーに基づいて膨張率44を求める機能を有する。38はウエハ10の中心位置の移動量や回転角の変化量等を演算する回転・移動量計算部である。40は、ウエハ上の露光位置情報43、膨張率44、ウエハ中心の移動量45、回転角46に従ってビームの偏向の補正値を求める補正量計算部である。

【0044】上記のシミュレータ36、回転・移動量計算部38、及び補正量計算部40は、それぞれ制御用計算機32内のプログラムが有することができる機能である。従って、個別のハードウエハによってこれらの機能を実現することもできるし、また制御用計算機32によって実行される演算プログラムの中にこれらの機能を含めても良い。

【0045】図8は、図7の電子ビーム露光装置を使用してウエハの熱膨張の補正を行なう露光工程の手順を説明するフローチャート図である。

【0046】まず、露光工程に入る前の処理として、ウエハ10とホルダ29の熱容量、ウエハとホルダ間の熱伝導を、例えば実験により求め、シミュレータ36の内部のレジスタ37にシミュレーション用のデータ42として記憶する(ステップS10)。これらのデータ42が与えられれば、前述のシミュレーションの演算法に従って膨張率44が求められる。

【0047】更に、前処理として、ウエハが熱膨張した時に生じる中心位置の移動量と回転角の変化量49をあらかじめ実験で測定し、膨張率の関数としてテーブルを作成し、回転・移動量計算部38内のメモリ39に記憶する(ステップS11)。この実施の形態では、ウエハの中心位置の移動量や回転角の移動量がある程度再現性

をもって発生するような露光装置を前提として考えている。従って、あらかじめこれらの量48をメモリに記憶させておけば、後にシミュレータ36から供給される膨張率44に基づいて回転・移動量計算部38でその時の移動量と回転量を求めることができる。

【0048】次に、露光処理についてであるが、まず、試料であるウエハのアラインメント処理を行い、露光座標系を決定する(ステップS12)。具体的には、図5に示した様なウエハ10上に既に形成されている位置合わせマーク13を検出して、中心O2の位置と露光装置の座標原点O1との相対的な関係を見つける。また、シミュレータの初期化を行い、メモリ内の履歴などをクリアする(ステップS13)。また、シミュレータ内部のレジスタ等のメモリ37に、荷電粒子発生源20から供給されるビーム電流密度と露光データのパターン密度から計算した照射されるビーム電流量Iaを記憶する。露光データのパターン密度は、例えば1チップ内のパターン密度を制御用計算機32にてMT34から供給される露光データに基づいて求め、そのパターン密度と発生ビーム電流量の積により単位時間当たりの供給ビーム電流量が求められる。通常、1つのウエハ上の複数のチップ領域に露光されるパターンは全て同じであるので、照射ビーム電流量は1つのウエハを露光する間は同じである。

【0049】次に、露光を開始し(ステップS15)、シミュレータ36にビーム情報41として露光の開始、終了を伝える。シミュレータ36では、一定量の照射ビーム電流Iaが露光開始時点から照射されているものとして、一定時間T1毎にウエハに供給された累積熱エネルギーPeを計算し(ステップS17)、前述の演算式によりウエハが持っている熱エネルギーを計算し、ウエハの熱容量等から温度変化、膨張率44を計算する(ステップS18)。この演算方法にはついては、前述した通りである。尚、ステップS17中のLは、実験等によって求められる係数である。

【0050】そして、回転・移動演算部では、ウエハの中心位置の移動量と回転角の移動量を求めて補正計算部40に移動量45と回転角46を供給する(ステップS19)。補正計算部40にて、膨張率44、移動量45、回転角46から、偏向器27への補正量を計算する(ステップS20)。図5に示された通り、例えば(xa, ya)の位置に露光する場合には、中心の移動量( $\Delta x_w$ ,  $\Delta y_w$ ,  $\Delta \theta_w$ )と膨張率44によるずれとを加算して、正しい露光位置(xb, yb)が求められる。かかる補正量47は、図6で示したビームの偏向手段27への駆動電流に加算される。48は模式的に書いた加算器である。

【第二の実施の形態】図9は、第二の実施の形態の電子ビーム露光装置の概略ブロック図である。図7と同じ部分には同じ参照番号を付している。図7と異なる部分



は、ウエハの中心位置の移動量25と回転量46が、制御用計算機32から補正量計算部40に直接供給される点と、シミュレータ36は照射ビーム電流量をウエハのホルダ・ステージ29からグラウンドに流れる電流 $i_e$ をもとに検出して膨張率44を求めている点である。この実施の形態例では、熱膨張に伴うウエハの中心位置の移動量や角度の回転量が再現性をもって発生しない様な装置を前提に考えている。従って、所定時間毎に通常のアライメント処理によってウエハ上のマークの検出を行い移動量と回転量を求めている。尚、50はA/Dコンバータである。

【0051】図10は、本実施の形態のフローチャート図である。図8と同じステップには同じ参照番号を付している。

【0052】先ず前処理として、ウエハとホルダーの熱容量、ウエハとホルダー間の熱伝導率を実験により測定してシミュレータ36のレジスタ37に記憶する(ステップS10)。ウエハのアライメント処理(ステップS12)とシミュレーションの初期化(ステップS13)とは第一の実施の形態の場合と同じである。

【0053】次に、露光開始してシミュレータ36にビームのオン・オフの情報42を供給する。シミュレータ36では、ビームの照射に伴ってステージ29からグラウンドに流れる電流 $i_e$ から照射ビーム電流量を求め、ウエハへの累積エネルギー量、ウエハの温度変化、膨張率をそれぞれ前述の演算により求める(ステップS17、S18)。かかる膨張率の演算は所定時間T2毎に行なわれる。

【0054】一方、本実施の形態では、ウエハ10の中心点O2の移動量と回転量( $\Delta x_w$ ,  $\Delta y_w$ ,  $\Delta \theta_w$ )をウエハ上のマーク13を検出することで求めている。それらの移動量45と回転量46は補正計算部40内のレジスタに記憶される。従って、所定時間T1毎にステップS31が行なわれる。

【0055】上記の様に求められた膨張率44とウエハの移動量45、回転量46から照射位置の補正量47が演算される(ステップS20)。そして、加算器48を介してビームの偏向手段27への駆動信号に補正值47が加算される。

【0056】[第三の実施の形態]図11は、第三の実施の形態の電子ビーム露光装置の概略ブロック図である。図9に示した第二の実施の形態と異なる点は、照射ビーム電流量を検出するのに、ウエハから反射する反射電子の量を反射電子検出手段28から検出し、その反射電子の量をもとに照射ビーム電流量52がシミュレータに供給される。

【0057】反射電子は、ウエハ10上に形成される金属膜からなるマーク13の位置を検出する時に、既に検出されている。即ち、マーク13をビームで走査し反射係数が高い金属膜のマーク13から反射される電子を

検出することでマーク位置を検出する。従って、今回の照射ビーム電流量を検出するために新たに反射電子検出手段を設ける必要はない。

【0058】

【発明の効果】以上説明した通り、本発明によれば、電子ビーム露光によってウエハを直接描画するために微細化の限界までビーム電流量を高くしてスループットを上げた場合に発生するウエハの熱膨張の問題を解決することができる。ウエハの熱膨張によるビーム照射位置の補正量を求めてビーム偏向手段に付加することで、高集積度の半導体集積回路を高いスループットで露光することができる。

【0059】尚、本発明は、電子ビームに限定されずに試料に対して熱エネルギーを与えるような荷電粒子ビームを利用して露光する場合にも適用できる。また、半導体集積回路の露光に限らず、他の微細加工が必要とする試料への露光工程で利用できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】電子ビーム照射によるシリコンウエハの膨張率を示す図である。

【図2】シリコンウエハの熱膨張の均一性を示す図である。

【図3】図2の測定に使用されたウエハ上のマーク位置を示す図である。

【図4】電子ビーム照射によるシリコンウエハの熱膨張のシミュレーション結果図である。

【図5】ウエハとホルダーの関係を示す図である。

【図6】電子ビーム露光装置の鏡筒部分の概略図である。

【図7】第一の実施の形態の電子ビーム露光装置のブロック図である。

【図8】第一の実施の形態のフローチャート図である。

【図9】第二の実施の形態の電子ビーム露光装置のブロック図である。

【図10】第二の実施の形態のフローチャート図である。

【図11】第三の実施の形態の電子ビーム露光装置のブロック図である。

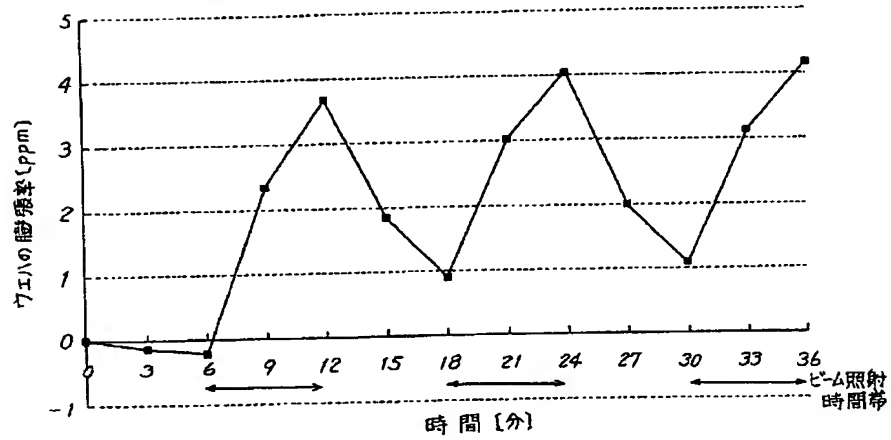
【符号の説明】

10	試料、ウエハ
20	荷電粒子ビーム発生源
21	荷電粒子ビーム
27	偏向器
29	ホルダー、ステージ
36	シミュレータ
38	移動・回転量計算部
40	補正量計算部
44	膨張率
45	移動量
46	回転量



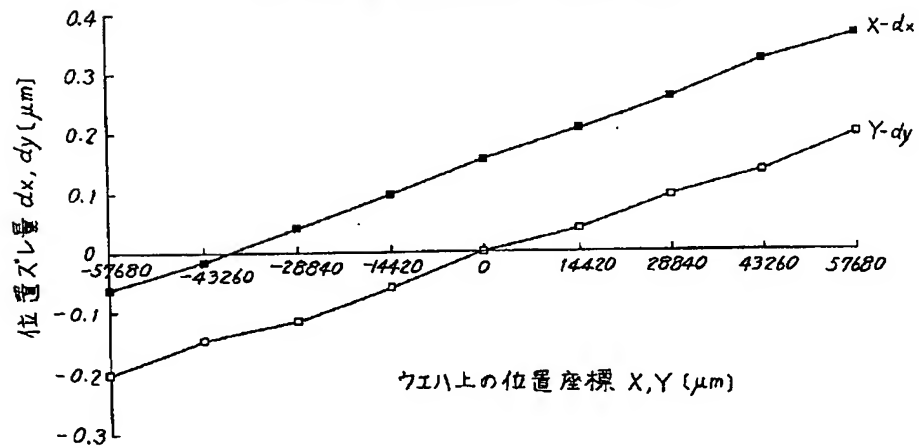
【図1】

電子ビーム照射によるSiウエハの膨張率を示す図



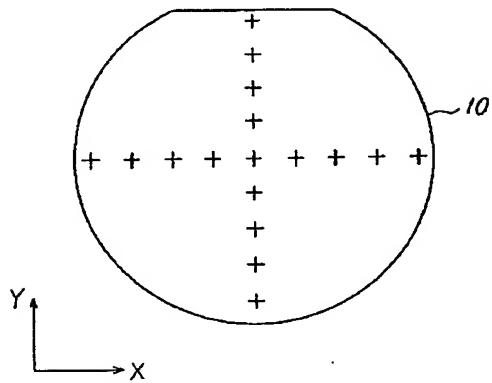
【図2】

Siウエハ熱膨張の均一性を示す図



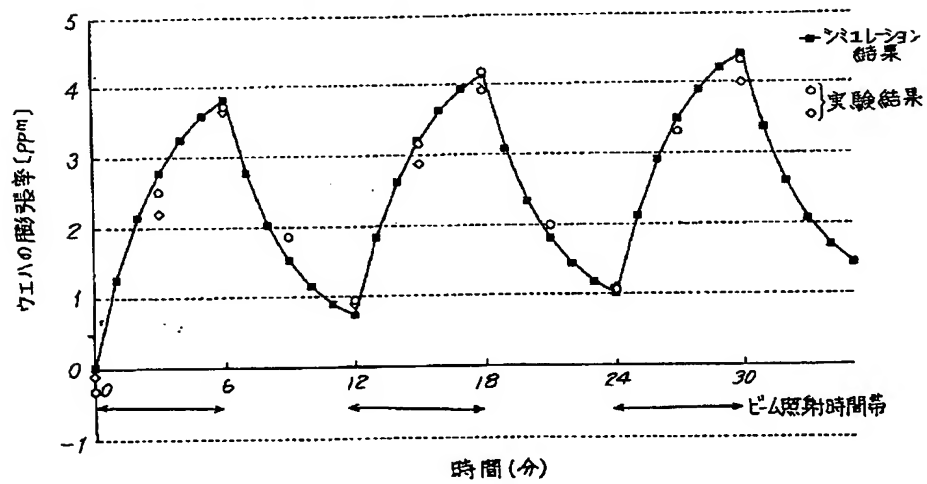
【図3】

図2の測定に使用されたウエハ上の  
マーク位置を示す図



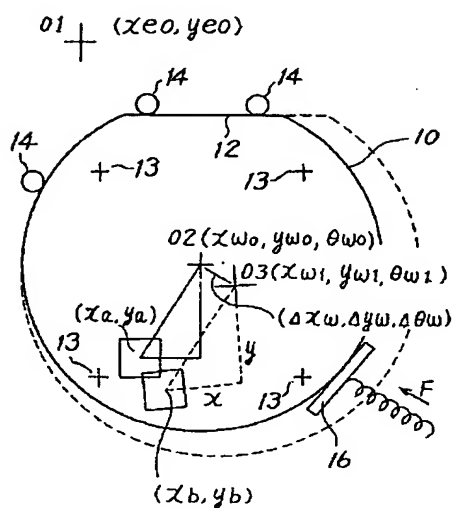
【図4】

電子ビーム照射によるSiウエハ熱膨張のシミュレーション結果図



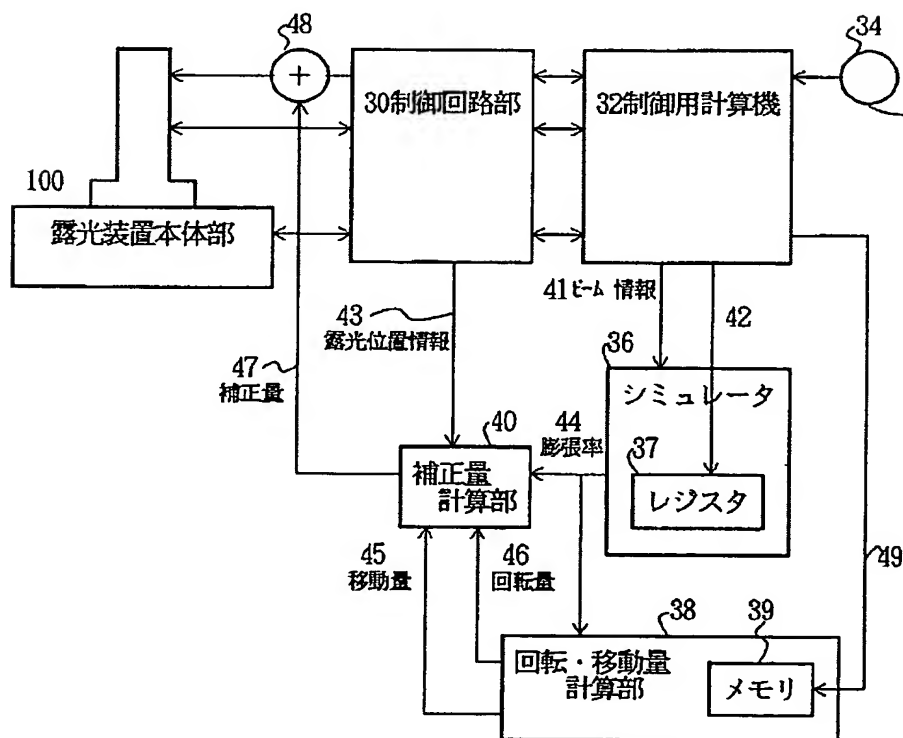
【図5】

ウェハとホルダーの関係を示す図



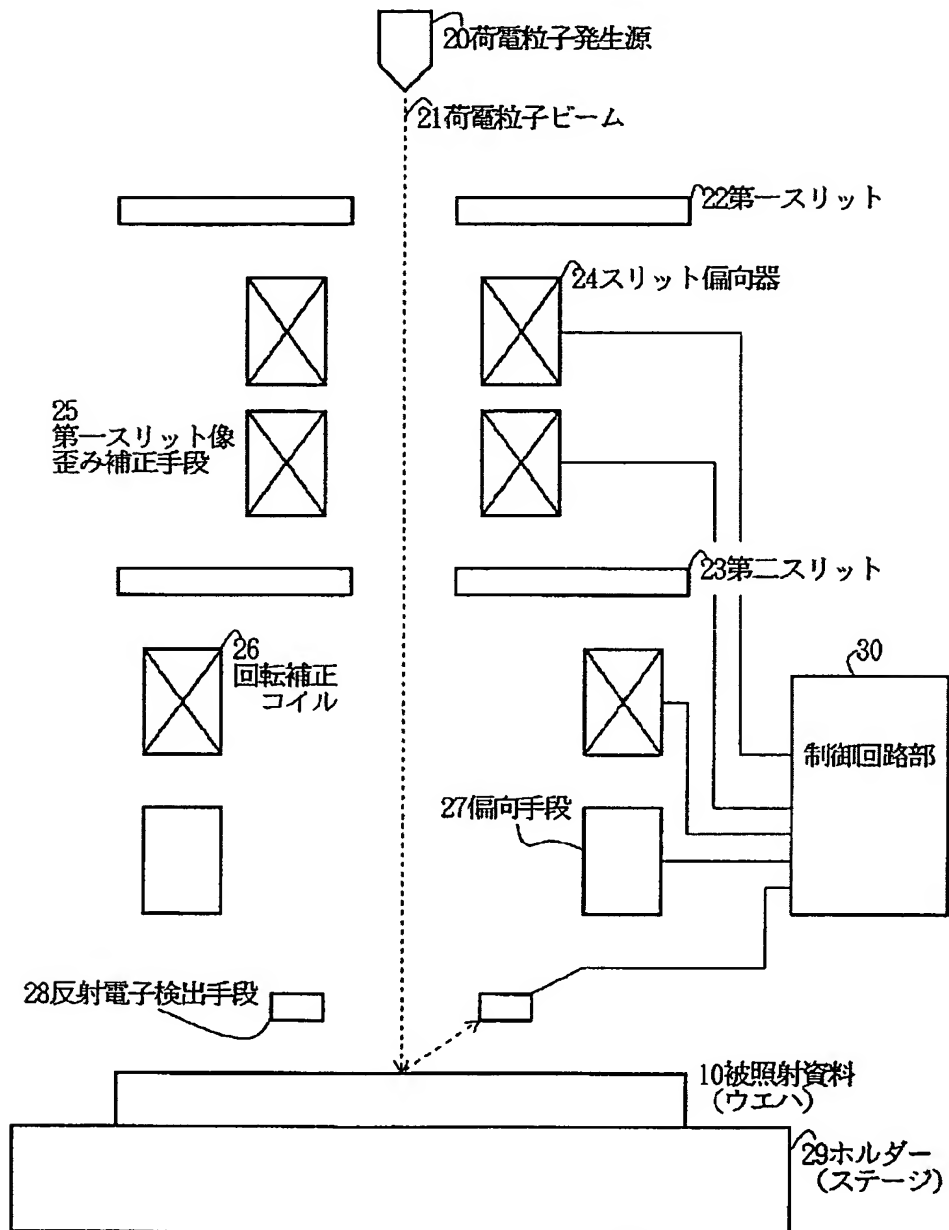
【図7】

第一の実施の形態の電子ビーム露光装置のブロック図



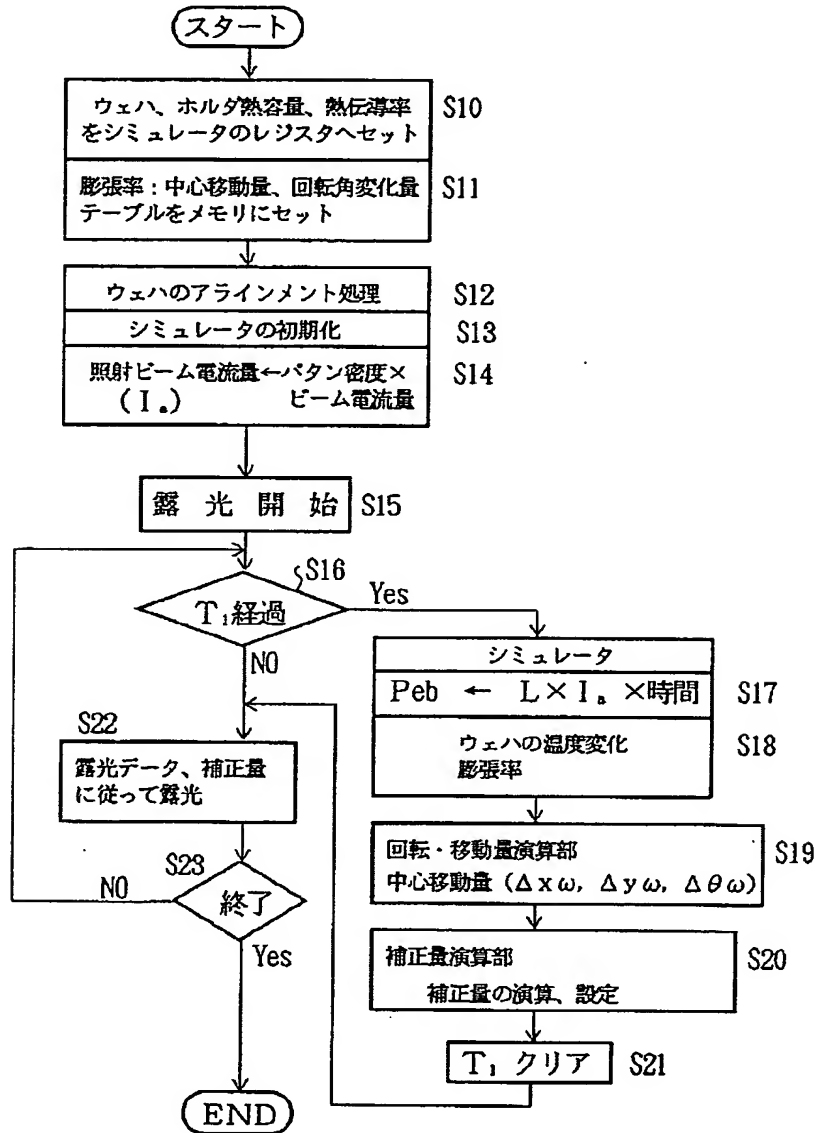
【図6】

## 電子ビーム露光装置の鏡筒部の概略図



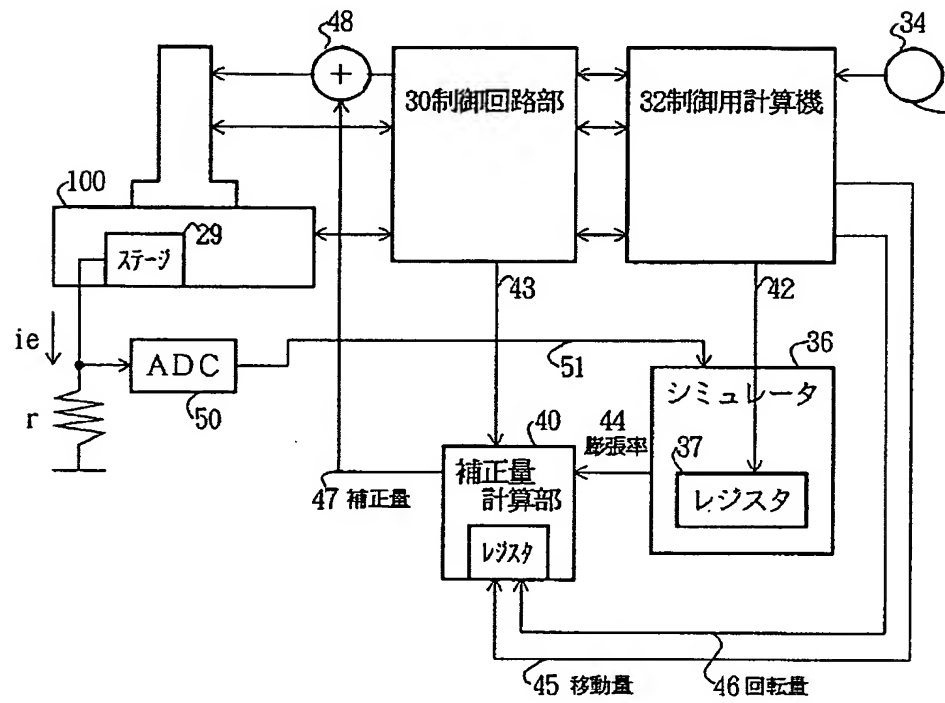
【図8】

## 第一の実施の形態のフローチャート図



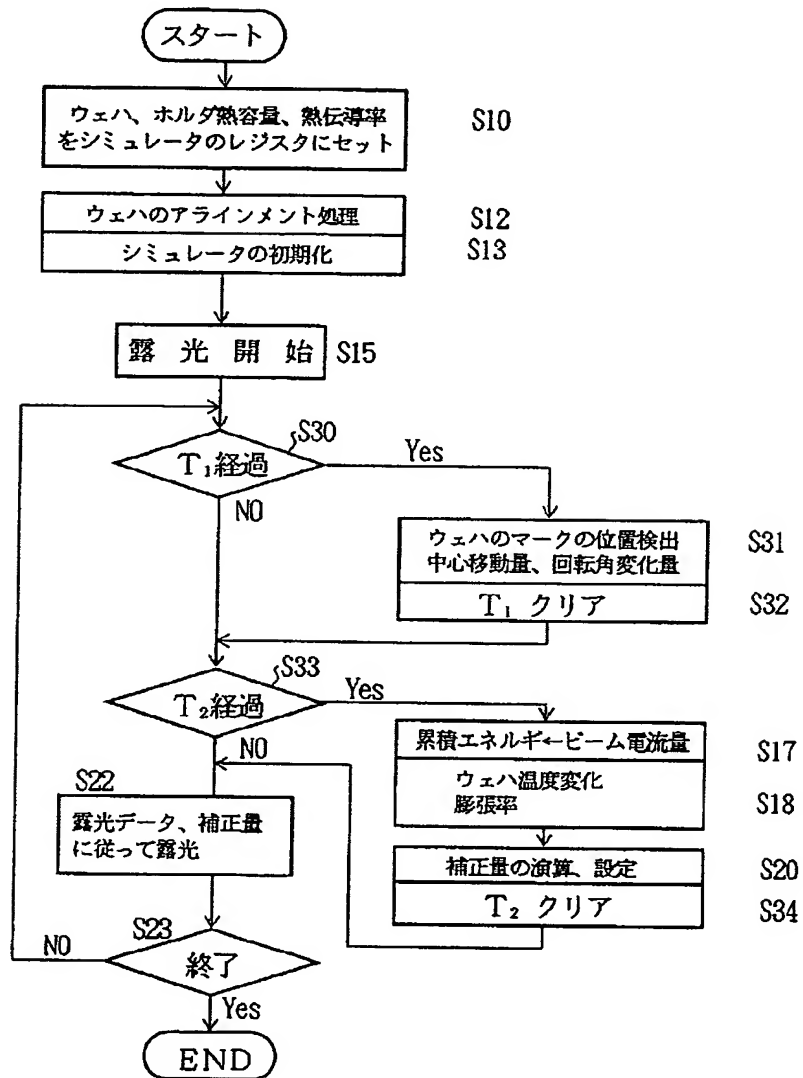
【図9】

## 第二の実施の形態の電子ビーム露光装置のブロック図



【図 1 0】

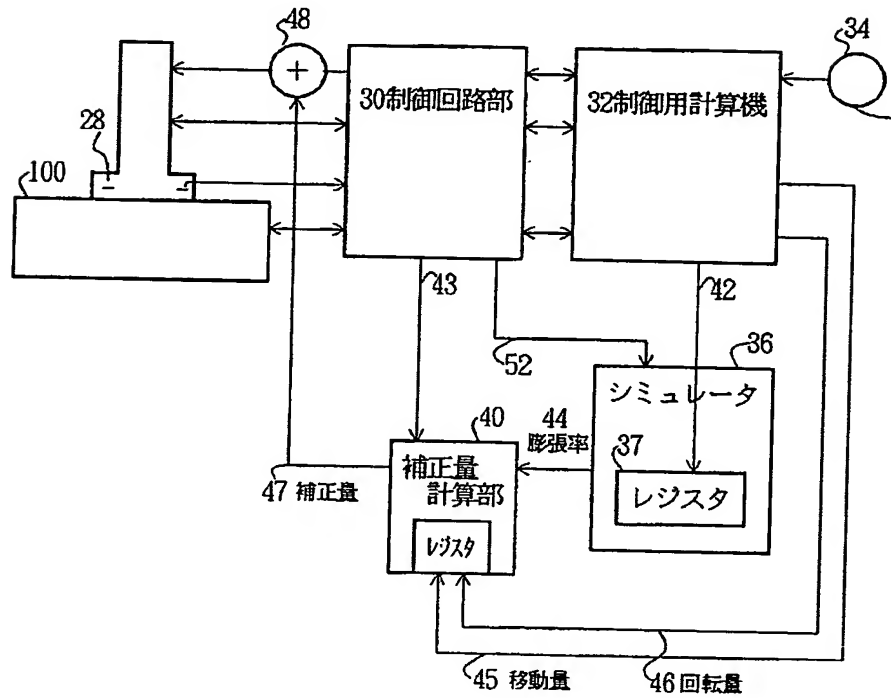
## 第二の実施の形態のフローチャート図





【図11】

## 第三の実施の形態の電子ビーム露光装置のブロック図



フロントページの続き

(72)発明者 山田 章夫  
神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地  
富士通株式会社内

(72)発明者 大川 達朗  
神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地  
富士通株式会社内

(72)発明者 中野 光浩  
愛知県春日井市高蔵寺町二丁目1844番2  
富士通ヴィエルエスアイ株式会社内